

И. Н. КАБАНОВ, А. П. КОБЦЕВ, В. И. ПЕРЕПЕЛКА

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА К ИССЛЕДОВАНИЮ ДИНАМИКИ ГИСТЕРЕЗИСНЫХ СИСТЕМ

Известны работы [1], [2], посвященные изучению влияния конструкционного демпфирования на динамические характеристики сложных конструкций. Решение задач о крутильных и изгибно-крутильных колебаниях крыла осуществлялось на ЭВМ методами численного интегрирования. Применение гибридной вычислительной системы (ГВС) [3] вносит некоторые изменения в методику решения, однако никаким образом не сказывается на подготовке задачи к решению.

Крыло схематизируется как система с сосредоточенными инерционными и упруго-гистерезисными параметрами. Схема крыла (рис. 1) представлена в виде совокупности жестких инерционных элементов-дисков, закрепленных на невесомом валу с помощью связей, обладающих билинейным гистерезисом. Моменты инерции элементов, расположенных на упругой оси, равны моментам инерции соответствующих участков разбивки крыла. На диски, совершающие поворотные колебания, действует внешнее возмущение в виде сосредоточенного крутящего момента $M_i(t)$.

Движение системы, изображенной на рис. 1, а, описывается дифференциальными уравнениями вида

$$I_i \ddot{\varphi}_i + k_i \dot{\varphi}_i + F_{i-1}(\varphi_i - \varphi_{i-1}) - F_i(\varphi_{i+1} - \varphi_i) = M_i \sin \omega t, \quad (1)$$

где F_i — нелинейно-петлевая функция.

Функция F_i в данном случае с учетом знакового множителя на различных этапах движения имеет следующий вид:

$$F_i = \begin{cases} c_i' \delta_i + q_i, & \text{I этап} \\ c_i'' \delta_i + q_i - \delta_{i \text{ экстр}} (c_i'' - c_i') & \text{II этап} \\ c_i' \delta_i - q_i & \text{III этап} \\ c_i'' \delta_i - q_i + \delta_{i \text{ экстр}} (c_i'' - c_i') & \text{IV этап} \end{cases}$$

Здесь q_i — параметр трения; c_i' и c_i'' — жесткости, $\delta_i = \varphi_i - \varphi_{i-1}$ — относительное угловое перемещение элементов. Петля гистерезиса, отвечающая этой аналитической форме записи (2), приведена на рис. 1, б.

Система уравнений движения (1), приведенная к безразмерному виду, решена численным методом на ЭВМ [1] и с использованием гибридной вычислительной системы ГВС.

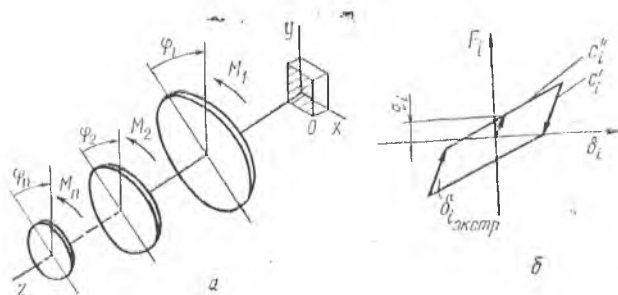


Рис. 1. Схема модели и билинейная гистерезисная характеристика

В качестве примера рассмотрена система с тремя степенями свободы. При решении этой задачи основное внимание было сосредоточено на изучении влияния интенсивности момента трения на величины амплитуд резонансных режимов. На основании полученных результатов удалось сравнить эффективность применявшихся способов расчета. Результаты, полученные при интегрировании (1) на ЭВМ (рис. 2), брались для сравнения в качестве эталонных. Было установлено, что ГВС обеспечивает получение количественных результатов с погрешностью не выше 5% по сравнению с расчетами на ЭВМ. Наряду с этим машинное время, требуемое для решения однотипной задачи на ГВС, оказывается на порядок меньше.

При подготовке задач к решению на ГВС необходимо учитывать, что она объединяет универсальную моделирующую установку (АВМ) и цифровую вычислительную машину (ЭВМ). Построение системы под названием ГВС осуществлено на базе серийно выпускаемых машин ЭВМ «Урал-11», АВМ «ЭМУ-10» и стандартных аналого-цифроаналоговых преобразователей АЦПК-100-11/2 и ЦАПТ-5-11/2. Синхронизация работы ГВС производится блоком сопряжения (БС). Этот блок обеспечивает как скоростной обмен данными, так и выполнение разнообразных управляющих функций. В основном это функции, связанные с начальной настройкой и управлением режимами работ АВМ по командам от ЭВМ. Разделение задач между ЭВМ и АВМ равномерное с учетом параллельного принципа работы АВМ. Таким образом, с точки зрения эффективности

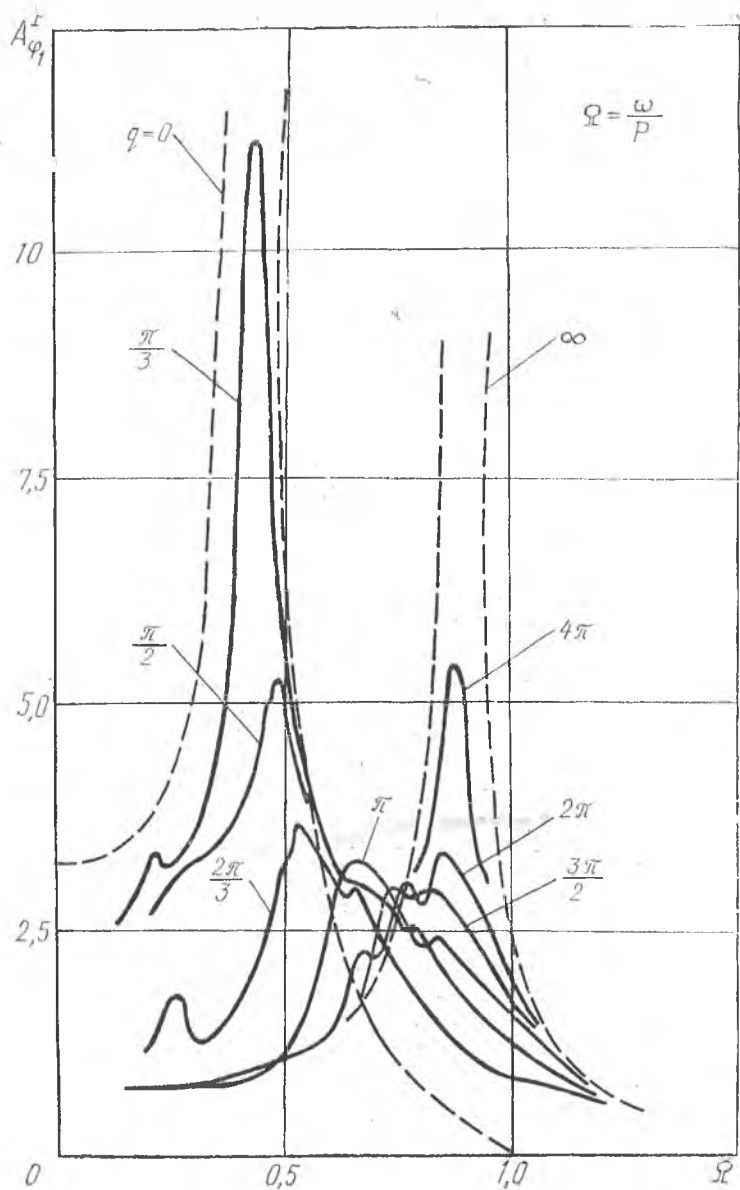


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики для первой массы в зоне I резонанса при $q = 0 - \infty$

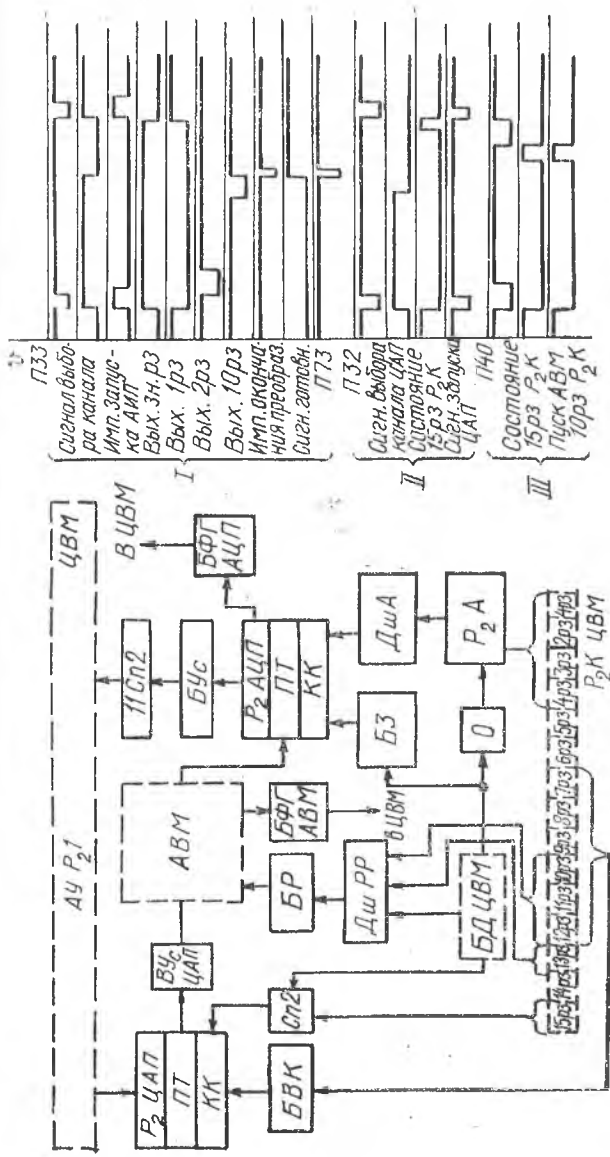


Рис. 3. Функциональная схема ГВС и временная диаграмма блока связи;

АУРг1 — входной регистр арифметического устройства ЦВМ; Рг ЦАП — входной регистр цифрового преобразователя; БУС ЦАП — выходные усилители ЦАП; ПТ — токовые преобразователи; КК — коммутатор каналов; БВК — блок выбора каналов ЦАП; Рг АЦП — выходной регистр аналого-цифрового преобразователя; БФГ АЦП — блок формирования готовности АЦП; БУС — блок усилителей кода; ДША — дешифратор адреса АЦП; РгА — регистр адреса АЦП; О — обновлятор; БЗ — блок задержки; БД ЦВМ — блок дешифратора ЦВМ; ДШРР — дешифратор режима работы АБМ; БР — блок регистров удержки; БФГ АБМ — блок формирования готовности АБМ; РгК ЦВМ — регистр команд ЦВМ; 11Сп 2, Сп2 — схемы совпадения

использования вычислительных методов обе главные части ГВС равноправны. Обмен информацией между ЭВМ и АВМ осуществляется по информационным каналам через ЦАП и АЦП. Прием информации от АВМ производится через АЦП на входной регистр процессора. Выдача информации из ЭВМ осуществляется через ЦАП с его выходных усилителей. Работу блока сопряжения можно проследить с помощью временной диаграммы (рис. 3). В соответствии с содержанием команд, поступающих от ЭВМ в БС, формируются сигналы, необходимые для работы преобразователей и выбора режима работы АВМ. Опрос каналов преобразователя АЦП может быть произведен со скоростью 10000 обращений в секунду. Выдача информации через ЦАП может достигать скорости 22000 обращений в секунду.

Сопоставление результатов численного и гибридного интегрирования, полученных в виде передаточных функций рассматриваемой системы при различных параметрах конструкционного гистерезиса, дало основание для утверждения о целесообразном использовании гибридных методов расчета при анализе существенно нелинейных систем со многими степенями свободы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кобцев А. Н.* Нагрузки, колебания механических систем и методы их измерения. Труды РКИИГА, Рига, 1971, вып. 189, сб. № 6.
2. *Кабанов Н. Н., Кобцев А. Н.* Нагрузки, колебания механических систем и методы их измерения. Труды РКИИГА, Рига, 1972, вып. 222, сб. № 9.
3. *Кабанов Н. Н., Перепелка В. И.* Автоматика и вычислительная техника. ИЭВТ АН ЛССР, Рига, 1975, № 2.

УДК 534.1:629.734.4:621.45.00.11

Ю. К. ПОНОМАРЕВ

ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УПРУГО-ФРИКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОСЛОЙНЫХ ГОФРИРОВАННЫХ ДЕМПФЕРОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Предлагаемая методика создана на базе экспериментально-го исследования многослойных гофрированных пакетов, работающих в режиме одностороннего упора (рис. 1; а). Пакеты ком-